

Die Gleisbildstellwerke "Nof" und "Nwf" im Hauptbahnhof Neunkirchen (Saar)

Autor(en): **Steinfeld, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **57 (1966)**

Heft 15

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916620>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

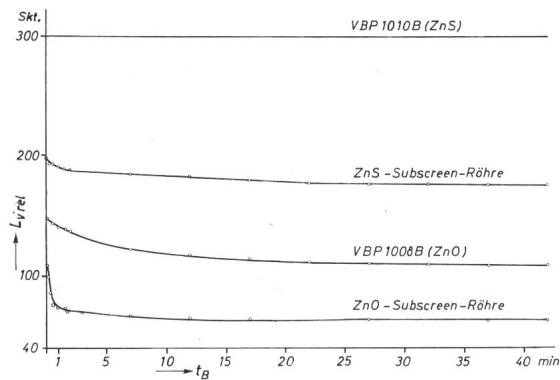


Fig. 14
Leuchtdichte $L_{v,rel}$ in Abhängigkeit von der Brenndauer t_B der Röhren
 $U_a = 30 \text{ kV}$; $I_a = 150 \mu\text{A}$

erwartet man auch nach den Ergebnissen der Temperaturabhängigkeit der Leuchtdichte. Die Schirmhelligkeit der normalen Abtaströhre VBP1008B (ZnO:Zn-Schirm) sinkt im Laufe der Brenndauer der Röhre auf etwa 75 % des Ein-

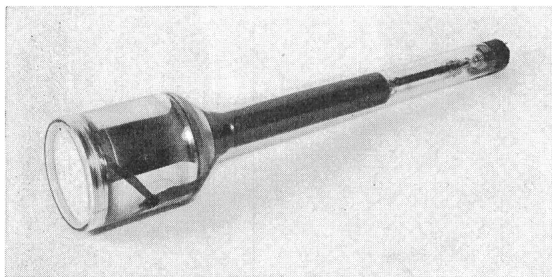


Fig. 15
Subscreen-Röhre (30 kV)

schaltwertes. Bei den eingangs schon erwähnten Subscreen-Röhren (Fig. 15 zeigt eine solche) wirkt sich die Schirmaufheizung durch den Elektronenstrahl in stärkerem Masse aus, da die Gleichgewichtstemperaturen höher sind. Der Leuchtdichteabfall bei der ZnS-Subscreen-Röhre beträgt etwa 10 %, bei der ZnO-Subscreen-Röhre hingegen ungefähr 40 %. Die Messungen sind eine qualitative Bestätigung des vorher über das Temperaturverhalten der Leuchtdichte von ZnS:Ag und ZnO:Zn Gesagten.

Literatur

- [1] N. Riehl: Physik und technische Anwendung der Lumineszenz. Berlin, Springer-Verlag, 1941.
- [2] W. Finkelnburg: Einführung in die Atomphysik. 10. Auflage, Berlin, Springer-Verlag 1964.
- [3a] F. Möglich und R. Rompe: Über die Energieumwandlung in Kristallphosphoren. Physikalische Ztschr. 41(1940)9/10, S. 236...242.
- [3b] F. Möglich und R. Rompe: Über die Anregung von Kristallphosphoren durch Korpuskularstrahlen. Physikalische Ztschr. 41(1940)23/24, S. 552...555.
- [4] J. T. Randall: The Effects of Temperature on the Intensity of Fluorescence of some Impurity Solids. Proc. Physical Soc. 49(1937)274, S. 46...56.
- [5] F. J. Studer and L. Gaus: Effect of Temperature on the Spectral Energy Distribution of several Phosphors. in: American Physical Society, Division of Electron Optics: Preparation and Characteristics of Solid Luminescent Materials. Symposium held at Cornell University, Oct. 24...26, 1946. New York, John Wiley 1948.
- [6] L. Thorington: The Influence of Temperature upon Intensity of Luminescence of various Phosphors. in: American Physical Society, Division of Electron Optics: Preparation and Characteristics of Solid Luminescent Materials. Symposium held at Cornell University, Oct. 24...26, 1946. New York, John Wiley 1948.
- [7] A. Bril und H. A. Klasens: Die Ausbeute der Fluoreszenz von Kathodenstrahlröhren. Philips techn. Rdsch. 14(1953)12, S. 398...408.

Adresse des Autors:

Joachim Vobian, Dipl.-Physiker, Taunusstrasse 5, D - 6101 Braunshardt bei Darmstadt.

Die Gleisbildstellwerke «Nof» und «Nwf» im Hauptbahnhof von Neunkirchen (Saar)

Von H. Steinfeld, Saarbrücken

625.275

Nach einem Überblick über die Entwicklung der Bahnhofsgestaltung in den letzten Jahren, bedingt durch seine Lage im Grubensenkungsgebiet, der derzeitigen betrieblichen Verhältnisse und der bisherigen Stellwerkanlagen schildert der Verfasser die Gründe, die zur Erneuerung der Signalanlagen geführt haben. Er beschreibt die Vorteile und den Aufbau der Spurplantechnik und ihre Ausgestaltung für den Anwendungsfall Neunkirchen. Des weiteren zeigt er ein Verfahren zur automatischen Prüfung der Programmstecker, das in Neunkirchen zum ersten Male versuchsweise in Anwendung kam. Nach Einführung dieses Verfahrens kann die gesamte Prüfung der Spurplanstellwerke automatisch erfolgen.

Après un aperçu de l'évolution des gares au cours des années dernières; évolution motivée dans le cas particulier par la position de cette gare dans la région de dépression minière, l'auteur décrit les conditions d'exploitation actuelles et les postes de manœuvre existant, puis explique les raisons qui ont déterminé le renouvellement des installations de signalisation. Il décrit les avantages et la conception d'une technique des schémas de voies et son équipement dans le cas particulier de Neunkirchen. L'auteur présente en outre un procédé servant à l'essai automatique des fiches de programmation, appliqué la première fois à titre d'essai à Neunkirchen. Après introduction de ce procédé, tous les essais se rapportant aux postes de manœuvre avec schémas de voies peuvent s'effectuer automatiquement.

1. Geographische und betriebliche Lage

Der Hauptbahnhof Neunkirchen (Saar) liegt an der Strecke Bingerbrück—Saarbrücken—Stieringen (Metz). Er nimmt ferner die Strecken Homburg—Neunkirchen, Saarbrücken—Wemmetweiler—Neunkirchen (Fischbachbahn)—Neunkirchen-Heinitz, sowie die Anschlussbahnen der Gruben König und Kohlwald und des Neunkircher Eisenwerks auf (Fig. 1).

Neunkirchen ist als Bahnhof ein Ausnahmegebilde. Durch die örtlichen Verhältnisse bedingt, gliedert er sich in 3 Betriebsbezirke: in den Saarbrücker-, den Pfalz- und den Naheflügel. Durch den Engpass Bliesbrücke ist der Saarbrücker Flügel mit den beiden anderen Flügeln verbunden.

Der Saarbrücker Flügel des Bahnhofs Neunkirchen liegt ganz im Grubensenkungsgebiet. Aus Sicherheitsgründen für das Neunkircher Eisenwerk und zur Erhaltung der Vorflut der Blies findet unter der Bliesbrücke in km 121,200 der Strecke Bingerbrück—Stieringen kein Kohleabbau statt. Eine Absenkung der Bliesbrücke bedingt durch diesen Abbau tritt nicht ein, sie kommt nur in den Randbereich der Abbaueinwirkungen zu liegen.

Der westliche Teil (Saarbrücker Seite) der ebenfalls über die Bliesbrücke führenden Kreuzungsbauwerke zur Unterführung der Sulzbach- und Fischbachstrecke und ihrer westlichen Voreinschnitte mit hohen Betonstützmauern waren erheblichen Abbaueinwirkungen unterworfen.

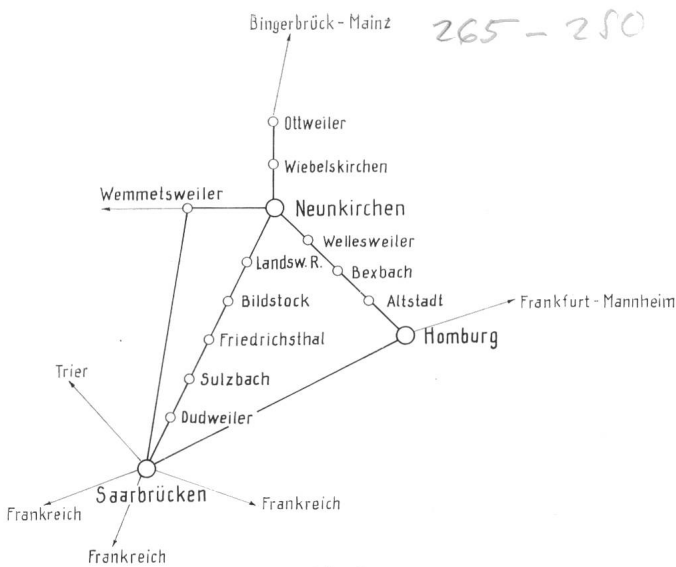


Fig. 1
Streckenübersicht

Die lichte Höhe der Bliesbrücke zwischen der unteren und oberen Gleisanlage — sowie die lichte Höhe der beiden Kreuzungsbauwerke — betrug nur 4,80 m. Zur Erreichung einer ausreichenden Höhe für die Streckenelektrifizierung hätten die Gleise der Fischbachstrecke und die Gleise der Sulzbachstrecke im Bereich des Kreuzungsbauwerkes abgesenkt werden müssen, was einen erheblichen Kostenaufwand zur Tieferlegung der unteren Überbauten der Bliesbrücke sowie zur Unterfangung der Widerlager der Kreuzungsbauwerke und der Stützmauern und der Voreinschnitte verursacht hätte. Der Unterhaltungszustand der Bliesbrücke, welche aus einer Blechträgerkonstruktion bestand und besonders der der anschließenden Kreuzungsbauwerke (Überbau aus Walzträgern in Beton) war äusserst schlecht. Die kreuzungsfreien Ein- und Ausfahrten in Richtung Schiffweiler und Landsweiler erleichterten die Betriebsabwicklung ausserordentlich. Dennoch ergab sich die Frage, ob es auf die Dauer nicht wirtschaftlicher sei, die beiden Kreuzungsbauwerke aufzugeben, ihre östlich und westlich anschliessenden Tunnel und deren Voreinschnitte zu verfüllen, die 4 Streckengleise oberirdisch zu verlegen und nur die eigentliche Bliesbrücke in einer hebungsfähigen Stahlträgerform beizubehalten.

Eine Untersuchung ergab, dass die Hochlegung der 4 Streckengleise in dem Engpass Bliesbrücke, die eine grosse Betriebsverdichtung an dieser Stelle zur Folge hatte, nur mit der neuen Relaisstellwerkstechnik mit selbsttätiger Fahrstrassenauflösung bewältigt werden konnte. Da die vorhandenen Stellwerke bereits ein Alter von über 50 Jahren hatten und ausserdem durch Grubensenkungen stark in Mitleidenschaft gezogen waren, wurde der wirtschaftlichere Entschluss gefasst, der eine Beseitigung der Tunnelgleise beinhaltete und die gleichzeitige Erneuerung der Signalanlagen in modernster Technik vorsah. Gleichzeitig wurde der Bahnhof gleistechnisch so umgestaltet, dass neben der Anlage für den Personenverkehr ein einseitiger Rangierbahnhof zu liegen kam, dessen Einfahr- und Richtungsgruppe im Saarbrücker Flügel und dessen Ausfahr- und Nachordnungsgruppe im ehemaligen Pfalzflügel untergebracht wurden (Fig. 2). Die Leistungsfähigkeit dieser Ablaufanlage beträgt 2000 Wagen pro Tag. Ein Teil der Gleise im Naheflügel wurde an das Neunkircher Eisenwerk vermietet.

2. Signalanlagen der alten Technik

Die zahlreichen Betriebsvorgänge und Betriebsaufgaben wurden im Bahnhof Neunkirchen mit Hilfe von 9 Stellwerken der alten Technik bewältigt. Von den 9 Stellwerken waren 2 mechanische Stellwerke der Bauart Jüdel, 5 elektromechanische Stellwerke der Bauart E 12 und 2 elektromechanische Stellwerke der Bauart E 43. Es handelt sich im wesentlichen um Anlagen mit einem Lebensalter von über 50 Jahren und um zwei Anlagen (E 43), die 1947 aus fahrbaren Behelfsanlagen zur schnellen Beseitigung von Kriegsschäden aufgebaut wurden. Die Signalanlagen wurden ferner durch Kriegseinwirkungen und Grubensenkungen stark in Mitleidenschaft gezogen und nach dem Kriege nur behelfsmässig wieder aufgebaut. Die Anlagen waren zwischenzeitlich so abgenutzt, dass laufend Störungen auftraten. Dazu kamen noch Erschwernisse in der Betriebsabwicklung, die durch die Behelfsanlagen bedingt waren. Die Ausgestaltung der neuen Signalanlagen zeigt Fig. 2.

3. Die neuen Signalanlagen

3.1 Grundsätzliches

Von der modernen Betriebsführung her wurden folgende Forderungen an die neuen Signalanlagen gestellt: Höhere betriebliche Leistung, trotz Verkleinerung der Weichen- und Gleisanlagen; grössere Beweglichkeit in der Betriebsabwicklung; das grösste Mass an Sicherheit; Einsparung von einer möglichst grossen Anzahl von Betriebsbediensteten zur Erzielung eines hohen Rationalisierungsgewinns; leichte Änderungs- und Anpassungsmöglichkeit bei einer evtl. später notwendig werdenden Spurplanungsgestaltung.


Aus dieser Sicht wurde die Bauform SpDrS 60 (SpDrS 60 = Spurplan-Drucktastenstellwerk der Bauart Siemens & Halske, Entwicklungsjahr 1960) für die neu zu errichtenden Signalanlagen gewählt.

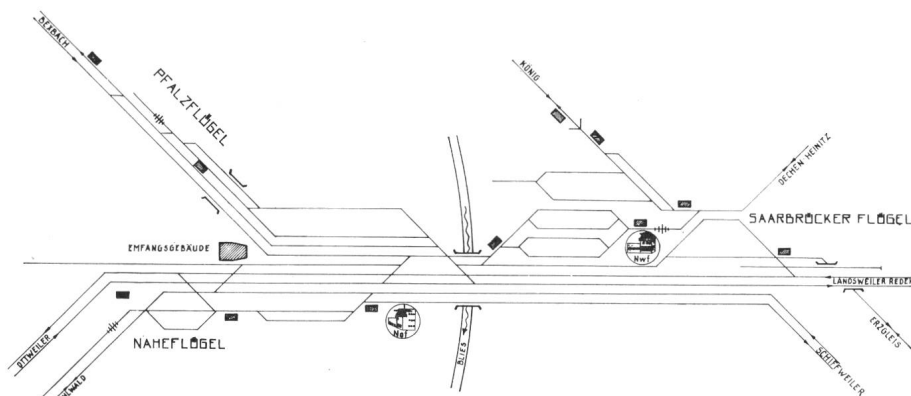
3.2 Die Stellwerkgebäude und ihre Lage im Gleisfeld

Die Weiterentwicklung der Stellwerke läuft darauf hinaus, durch Vergrösserung der Stellentfernungen für Weichen, Signale und Gleisstromkreise unter Umständen unter Verwendung von kapazitätsarmen Kabeln (Polyäthylen-Kabel) den Einzugsbereich zu erhöhen und damit die Bedienung der Anlage weitgehend zu zentralisieren und mit Hilfe der Fernsteuerung ganze Streckenbereiche vom gleichen Raum aus zu bedienen. Dies führt zu einer Straffung und Vereinfachung der betrieblichen Organisation innerhalb eines Bahnhofs. Das Zusammenarbeiten aller am Betriebsgeschehen eines Bahnhofs bzw. ganzer Streckenbereiche Beteiligten in einem Raum bringt ausserordentliche Vorteile mit sich. Sie bestehen darin, dass die Bediensteten aus der gemeinsamen Übersicht über den gesamten Betriebsverlauf von sich aus rechtzeitig richtig disponieren oder sich mit wenigen Worten oder Gesten verständigen können. Dadurch wird ein Höchstmass an reibungslosem Zusammenspiel erreicht, so dass der Regelbetrieb praktisch von selbst abläuft und bei Störungen und Unregelmässigkeiten sofort die notwendigen Massnahmen ohne weitere Telefongespräche ergriffen werden können.

Technisch kann der Standort des Gleisbildstellwerkes vom Gleisfeld völlig getrennt werden, da der Betrieb mit Hilfe der Stelltafelbeleuchtung, der WL/EL-Anlage und des Rangierfunks auch ohne Übersicht über das Gleisfeld selbst durchgeführt werden kann. Für den Standort des Stellwerkgebäudes werden somit technisch-wirtschaftliche Überlegungen mass-

Fig. 2
Übersichtsplan Neunkirchen/Saar HBF

■ alte Stellwerke
 neue Stellwerke



Für Ablaufstellwerke ist die Lage am Weichenbereich sehr wichtig, da der Wärter den Ablauf ständig beobachten und bei Störungen der selbsttätigen Weichen- und Gleisbremsensteuerung sofort eingreifen muss, während sich die Rangierfahrten der Zugbildungsanlagen auch aus grösserer Entfernung leiten lassen.

gebend, z. B. der geringste Aufwand an Kabel, Bau- und Unterhaltungskosten.

Der betriebliche Wunsch zu einer ausreichenden Übersicht über die wichtigsten betrieblichen Schwerpunkte vom Stellwerk aus ist also weniger aus technischen als aus arbeitspsychologischen Gründen entstanden. Die Stellwerke sollen daher möglichst in dem betrieblichen Schwerpunkt errichtet werden, aber mit solcher Höhe, dass von ihnen aus auch in den abgelegenen Bahnhofsteilen wenigstens die Bewegungen von Fahrzeugen zu erkennen sind. Die Forderung, den Stelltisch im Sitzen zu bedienen und über ihn hinweg die nächstgelegenen wichtigsten Weichen und Gleise beobachten zu können, führt meistens zu einer Seitenlage des Stellwerkes mit ausreichendem Abstand von dem einzusehenden Gleisfeld.

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen wurde der Standort für das Stellwerk «Nof» westlich der Bahnsteige vor der Bliesbrücke gewählt (Fig. 2).

Der Standort des Stellwerkes «NwF» wurde daher unmittelbar neben dem Ablaufberg gewählt (Fig. 2).

Die Gebäude wurden in massiver Bauweise hergestellt und auf einer Stahlbetonplatte fundiert, da die Stellwerkgebäude im Grubensenkungsgebiet liegen. Sie können jederzeit mit Hilfe von Winden in ihrer Höhenlage reguliert werden. Sämtliche Decken, auch die Dachdecke und der obere Teil des Turmbaus mit dem Stellwerkraum wurden in Stahlbeton hergestellt, die Aussen- und Innenwände sind in Hartbrandziegelsteinen bzw. Leichtbauplatten hergestellt. Sämtliche Innenflächen wurden glatt verputzt, die äusseren Wandflächen der unter dem Stellwerkraum gelegenen Räume und die Giebelseite des Längsbaues erhielten Klinkerverkleidung, die übrigen Aussenflächen wurden ebenfalls glatt verputzt (Fig. 3). Sämtliche Räume wurden mit einer Warmwasserheizungsanlage versehen.

3.3 Anordnung der Stelltische

Auf Grund der grossen Bahnhofsausdehnung bereitete die Ausgestaltung der Stelltische Schwierigkeiten. Die eigenartige Gleislage des Bahnhofs Neunkirchen bot zunächst eine Ausgestaltung der Stelltische für Stellwerk «Nof» in V-Form an. Diese Lösung hatte den Vorteil, dass die Anlage in schwächeren Verkehrszeiten von einem und in der übrigen Zeit von zwei Mann bedient werden kann. Um die Tasten auf diesem Bedienungstisch noch in Griffweite zu haben, musste das Gleisbild so zusammengedrückt werden, dass der Bediener eine geographische Beziehung der Gleisanlage im Gleisbild nicht mehr erkennen konnte. Ausserdem sollte noch die Fernsteuerung der Bahnhöfe Sulzbach, Friedrichsthal, Bildstock, Landsweiler-Reden, Bexbach mit den Blockstellen Altstadt und Wellesweiler und Bahnhof Ottweiler mit der Blockstelle Wiebelskirchen von hier erfolgen (Fig. 1). Es wurde deshalb eine den gesamten Stell- und Fernsteuerungsbereich umfassende Panoramatafel aufgestellt und für die Einstellung aller Regelzug- und Umfahrstrassen sowie der Rangierstrassen ein besonderes Stellpult vorgesehen (Fig. 4a und 5). In mehreren Modellversuchen zeigte sich, dass eine bogenförmig, leicht geschwungene Panoramatafel in Steilneigung (8 Grad) gegen die Fahrriichtung am zweckmässigsten war. Mit dieser Bauform wurde erreicht, dass alle im Bedienungsraum tätigen Bediensteten von ihren Arbeitsplätzen eine gute Sicht auf diese Stelltafeln haben und durch die Ausleuchtung die Betriebsvorgänge einwandfrei verfolgen können. Nach der Inbetriebnahme des Gleisbildstellwerkes «Nof» im Bahnhof Neunkirchen hat sich die Bedienung der Tasten im Stellpult und die Beobachtung der Betriebsvorgänge auf der Panoramatafel für das Betriebspersonal, insbesondere in den ersten Wochen

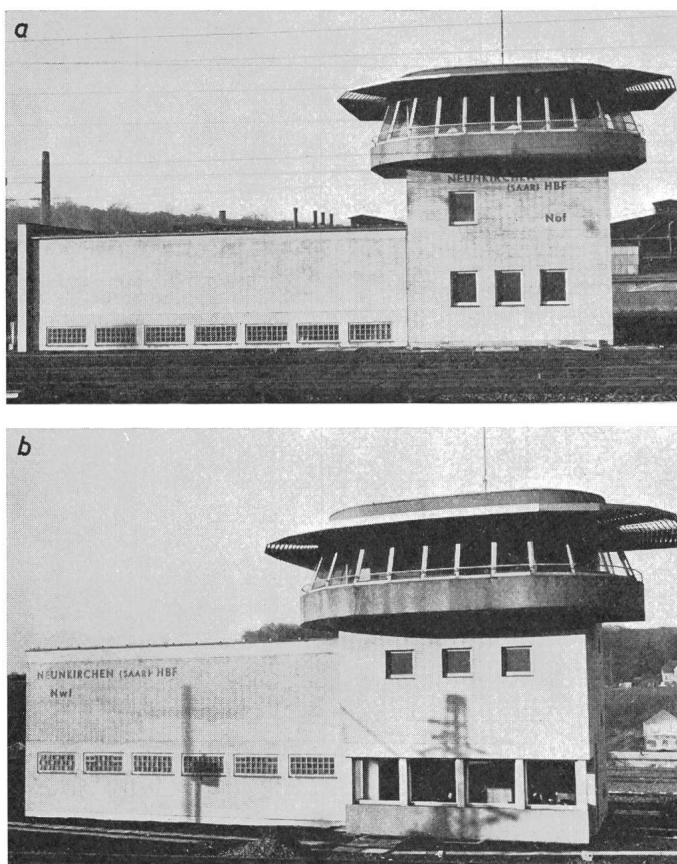


Fig. 3
Stellwerke

a Ansicht des Stellwerkes «Nof»; b Ansicht des «NwF»-Stellwerkes

nach der Inbetriebnahme, als zusätzliche Belastung ergeben. Es sind im Gleisbild des Stellpultes erst die zu bedienenden Tasten zu suchen und anschliessend die Panoramatafel zu beobachten. Nach Ansicht des Verfassers ist die z. Zt. in einer Versuchsanlage der Deutschen Bundesbahn eingebaute Zehner-Tastatur zweckmässiger. In diesem Fall werden lediglich Start- und Zielgleise eingewählt und es ist nur mehr die Beobachtung der Panoramatafel erforderlich.

In den Stellpulten sind neben den Bedienungstasten für die Signalanlagen auch die Bedienungstasten für die gesamten Fernsprech-, Wechselsprech-, Lautsprecher- und Rangierfunkanlagen untergebracht. Sie wurden ebenfalls in den Tisch eingelassen (Fig. 5).

Die weitere Aufteilung des Bedienungsraumes zeigt Fig. 4a. Wie ersichtlich, liegt die Gleislage von Neunkirchen dem Bedienungspersonal im Rücken, d. h. die Beobachtung ist nur möglich, wenn sich das Personal um 180° dreht. Ferner kann sich das Bedienungspersonal ungehindert bis zu den Fenstern begeben. Im Notfalle ist also eine gute Gesamtübersicht über die Gleis- und die Weichenlage vorhanden.

Wegen der störenden Spiegelung durch Aussenbeleuchtung wurden die Fenster nach innen geneigt. Ferner wurde durch eine Sonderkonstruktion ein Dachvorsprung geschaffen, um das Bedienungspersonal gegen die unangenehme Sonneneinstrahlung zu schützen. Da die Stellwerke unmittelbar im Industriegebiet liegen und der Dachvorsprung das Regenwasser nicht abhält, sind die Scheiben ständig verschmutzt. Es erscheint angebracht zu untersuchen, ob nicht die gerade Anordnung der Fenster zweckmässiger wäre, da wirklich störende Spiegelungen verhältnismässig selten sind. Mit den sowieso vorhandenen Jalousien hat man bereits ein billiges und in den meisten Fällen auch wirksames Hilfsmittel gegen Spiegelungen. Durch diese Massnahme wird es möglich sein, die Baukosten erheblich zu reduzieren.

Wie aus Fig. 4b zu ersehen, befindet sich im Stellwerk Nwf neben dem Bedienungstisch für die Zug- und Rangierstrassen der reine Ablauftisch, der vom Rangiermeister bedient wird.

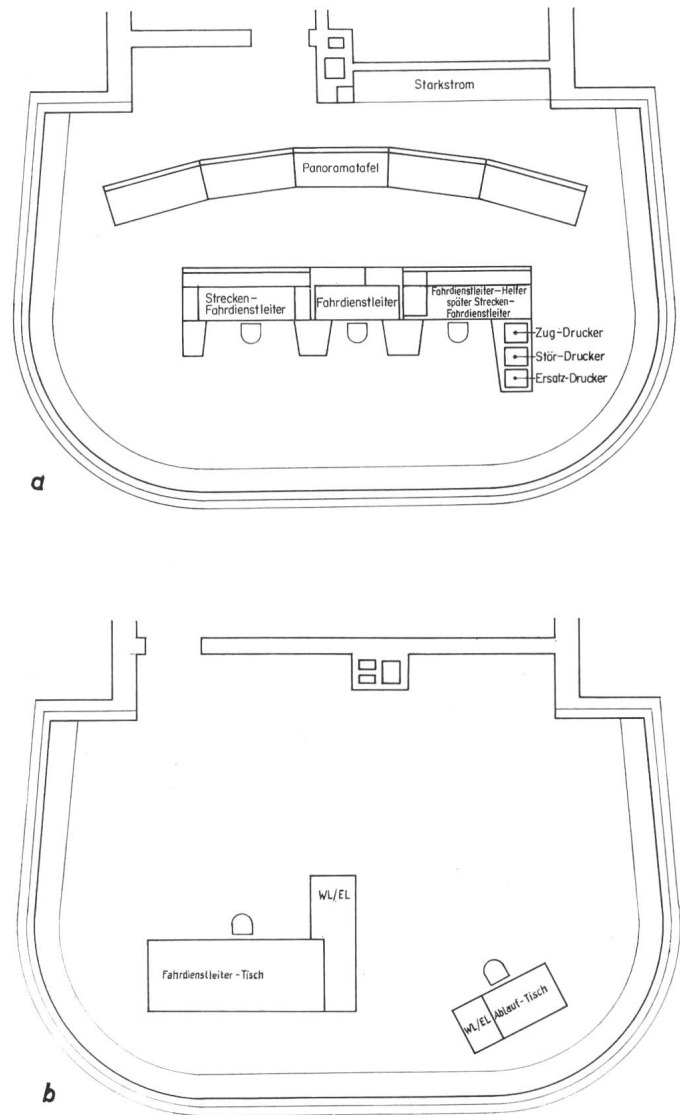


Fig. 4
Stellwerkräume

a Bedienungsraum «Nof»; b Bedienungsraum «Nwf»

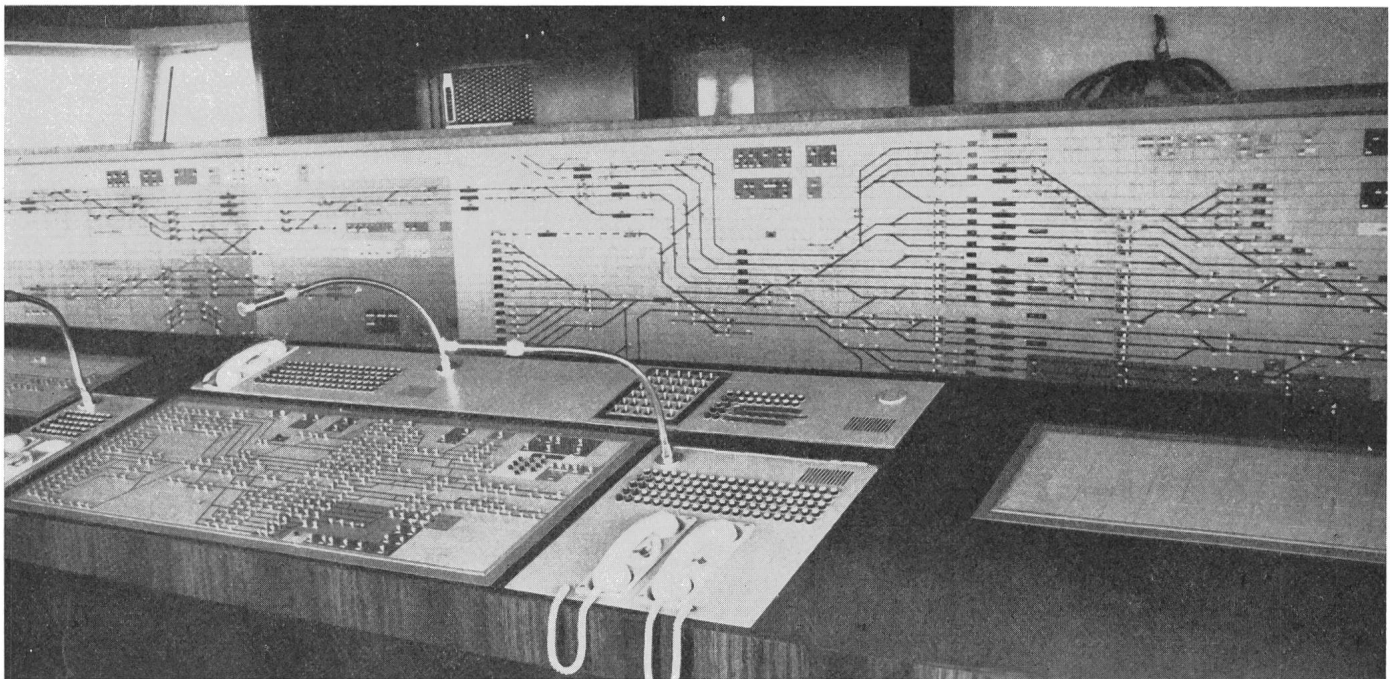


Fig. 5
Blick auf die Stellpulte und Panoramatafel im Stellwerk «Nof»

Die Tische sind in der Nähe der Fensterbrüstung aufgestellt und gewährleisten so vom Standort des Bedieners aus eine sehr gute Sicht auf die Ablauanlage.

3.4 Relaisanlage

3.4.1 Begriff der Spurplantechnik. Das Ziel der in Deutschland entwickelten Spurplantechnik war, einen Ersatz der individuellen Einzelfahrstrassenschaltung, durch eine rein schematische Zusammensetzung der zum Teil bereits vorhandenen Relaisgruppen nach dem Baukastensystem zu schaffen. Alle Relaisgruppen sollen nach dem Gleisplan (Spurplan) nach einem für alle Bahnhöfe gleichen System miteinander verbunden werden, d. h. die bereits vorhandenen Relaisgruppen (Weichen-, Signalgruppen usw.) mussten zu Schalteinheiten erweitert oder neu entwickelt werden, die es gestatten, auch die variabelsten Fahrstrassenzusammenhänge dieser Bahnhöfe mit einheitlichen, fabrikgefertigten Relaisgruppen zu verwirklichen. Das hat natürlich zur Folge, dass die Fahrstrassenabhängigkeiten, soweit sie auf einzelne Weichen, Signale, Gleisstromkreise usw. wirken, diesen Einrichtungen neben den Stellteilen für diese Einheiten zugeordnet werden mussten, so dass sie nach dem schematischen Zusammenbau so zusammenarbeiten, wie wenn für jede Fahrstrasse ein individueller Schaltungsentwurf aufgestellt sei. Da ja jede Gruppe ihren Fahrstrassenteil als Gepäck mit sich bringt, sind von vornherein alle Fahrmöglichkeiten, die der Spurplan verbindet, fahrstrassenschaltungsmässig erfasst. Es müssen bei diesem System Fahrstrassen, die betrieblich nicht erwünscht sind, künstlich ausgeschlossen werden. Die Vorteile dieser neuen Technik gegenüber den früher gebräuchlichen elektrischen Relaisstellwerken mit individueller Verdrahtung sind:

1. Verminderung der Entwurfsarbeit;
2. Einsparung bei der Fertigung;
3. Verbilligung und Beschleunigung der Montage;
4. Verringerung der Zahl der hochwertigen Monteure;
5. Beschleunigung der Stellwerkprüfung;
6. Beschleunigung bei der Störungssuche;
7. Wesentliche Vereinfachungen der Umbauarbeiten und beträchtliche Kürzung der Umbauzeiten.

Die Verkabelung des Relaisraumes wurde bei den Spurplanstellwerken ebenfalls völlig umgestaltet. Sie geschieht heute völlig schematisch durch vorwiegend gesteckte Schaltbündel. Aus diesen Schaltbündeln — teils Kabel, teils Gestellkabelbäume — besteht die gesamte Verdrahtung der Spurplanstellwerken (Fig. 6).

3.4.2 Spurverbindungen. Der angestrebten schematischen Verdrahtung der fabrikgefertigten Schaltgruppen untereinander wurde die im Lageplan der Signalanlage gegebene Anordnung zugrunde gelegt. Die Relaisgruppen werden entsprechend der Lage ihrer gesteuerten Teile im Lageplan durch Spurkabel miteinander verbunden. Um die Spurkabel schnell und leicht montieren zu können, werden diese Kabel gesteckt. Die Steckverbindungen bestehen aus Messer- und Buchsenleisten. Die Messerleisten befinden sich auf der Rückseite der Relaisgruppen, während die Buchsenleisten an den fabrikgefertigten Spurkabeln angelötet sind. Sie werden dann auf der Baustelle mit ihren Buchsenleisten in den Gestellen festgeschraubt.

3.4.3 Ringleitungen. Ausser den Spurverbindungen benötigt der Schaltungsaufbau noch Ringleitungen. Darunter versteht man Leitungen, die von einer zentralen Stelle aus, z. B. einer übergeordneten Überwachungsrelaisgruppe, Verbindungen zu sämtlichen Relaisgruppen oder allen Relaisgruppen einer Art

herstellen. Verschiedene Ausführungen solcher Ringleitungen sind notwendig.

3.4.3.1 Parallele Ringleitungen. Sie sind z. B. notwendig bei Einzelstellung der Weichen. Die Einzelstellung der Weichen erfolgt bekanntlich durch gemeinsame Bedienung einer für alle Weichen vorgesehenen Weichengruppentaste und der Einzelweichtaste. Die individuelle Weichtaste betätigt in der Weichenrelaisgruppe ein Relais. Wird die Weichengruppentaste bedient, so wird Spannung an sämtliche Weichengruppen gelegt und nur über die Weichengruppe, deren Weichtaste bedient wird, wird das Weichenanschaltrelais angeschaltet, das die Weichenumstellung bewirkt.

3.4.3.2 Reihenringschaltung. Durch sie können z. B. alle Tasten geprüft werden, ob sie sich in Grundstellung befinden. Solche Überprüfungen erfolgen, um zu verhindern, dass durch einen mechanischen Fehler etwa eine Taste steckenbleibt, also in gedrückter Lage verbleibt. Ein Überwachungsrelais ist in einer Schleife über je einen Grundstellungskontakt der Weichtastenrelais der einzelnen Weichengruppen geführt. Wird eine Weichtaste bedient, so fällt das Überwachungsrelais ab und kann z. B. nach Ablauf einer angemessenen Zeit einen Weckeralarm auslösen. Dadurch wird der Bedienende auf das Steckenbleiben der Taste hingewiesen.

Ein weiteres Beispiel der Reihenringschaltung ist für die Weichenlaufkette, die ebenfalls von der Fahrstrassenanschaltgruppe ausgeht und alle Weichengruppen in Reihenschaltung durchläuft, vorgesehen. In jeder Weichengruppe ist ein Stellmeldekontakt angeordnet, der beim Stellaufruf einer Weiche eine Auswirkung in der Anschaltgruppe zur Folge hat. Dadurch wird z. B. die übergeordnete Verzögerungseinrichtung wirksam, die einen gestörten Weichenantrieb nach 6 s von der Stellspeisung abzuschalten hat. Ausserdem bewirkt die Reihenschaltung, dass bei gleichzeitigen Stellaufrügen mehrerer Weichen eine Weiche nach der anderen umläuft, wenn z. B. das Stromnetz gestört und durch einen Umformer kurzzeitig ersetzt ist.

3.4.4 StICKKABEL. Die Gleisrelais der Weichenisolierung sind z. B. mit einem StICKKABEL unmittelbar mit der Weichengruppe verbunden, und zwar deshalb, weil in der Weichengruppe ein Wiederholerrelais für die Gleisrelais enthalten ist. Dieses Wiederholerrelais ist insofern zweckmässig, weil dieser Isolierabschnitt der Weiche unter Umständen mehreren Weichen zugeordnet werden kann (z. B. doppelte Kreuzungsweiche) und der Isolierabschnitt der Weiche nicht nur für die Freiprüfung des Fahrweges benutzt wird, sondern auch zum Verhindern der Weichenumstellung während der Besetzung des entsprechenden Isolierabschnittes. Die StICKKABEL sind zweckmässig, wenn eine ausschliessliche Abhängigkeit mit einer einzelnen in der Spur liegenden Relaisgruppe gegeben ist. Es besteht also das Prinzip, alle Schalteinheiten, die irgendwie Fahrwegbedingungen enthalten, in das Spursystem einzuschalten und alle übrigen durch StICKKABEL anzuschliessen. Man spart bei der StICKKABELVERBINDUNG die Durchschaltung der vielen hier nicht benötigten Spurverbindungen. So werden z. B. auch die Zugstrassengruppen mit StICKKABELN mit den Signalen verbunden.

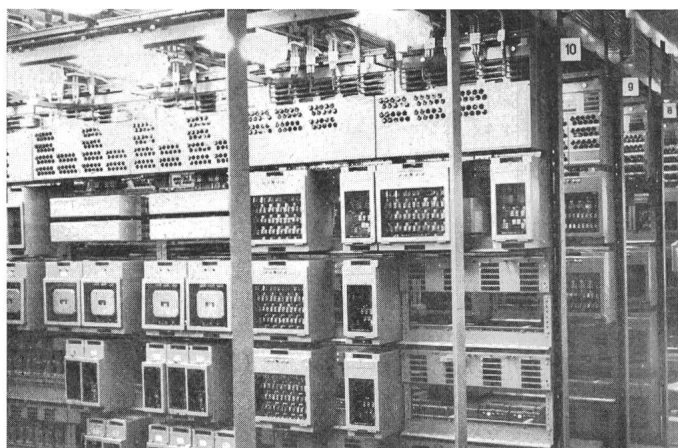


Fig. 6
Blick in den Relaisraum

Grundsätzlich ist festzustellen, es ist eine reine Kostenfrage, ob eine Vermehrung der Stichkabel zugunsten der Spurkabel oder umgekehrt zweckmässig ist.

3.4.5 Programmstecker. Bei der Spurplananlage erfolgt die bisherige freie Fahrstrassenschaltung nach Schaltbrücken auf besonderen Programmsteckern (Fig. 7). Sie sind auf den Gruppenrückseiten angeordnet und können nur bei herausgenommener Gruppe ausgewechselt werden. Mit Ausnahme dieser Programmstecker werden bei den Spurplananlagen alle Bauelemente bereits durch Automaten geprüft.

Bisher gab es zwei Möglichkeiten der Prüfung dieser Programmstecker:

- a) Durch Augenscheinprüfung der Schaltbrücken, deshalb wurden die Programmstecker mit durchsichtigem Material abgedeckt.
- b) Durch Überprüfung der aufgedruckten Bauvorschrift. Bei dieser Prüfungsmethode muss die Signalbauanstalt die Übereinstimmung zwischen vorgeschriebenen und wirklichen Schaltbrücken sowie deren richtige Kennzeichnung garantieren.

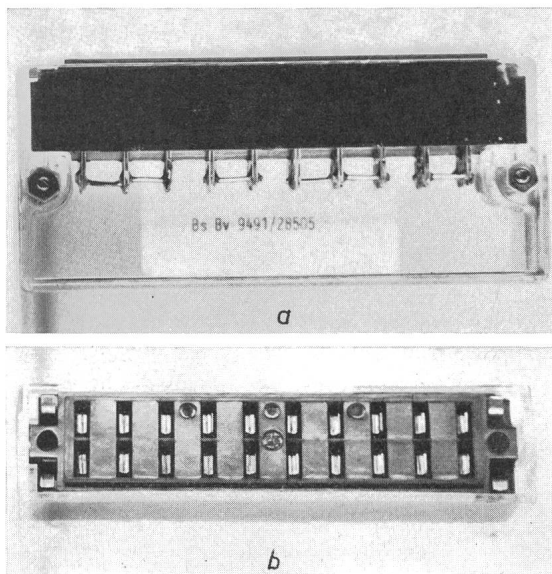


Fig. 7
Programmstecker

a) Seitenansicht mit sichtbaren Schaltbrücken; b) Steckerleiste

Beide Prüfmethode sind jedoch wie die Praxis zeigt durchaus mit Mängeln belastet.

- a) Der Prüfer kann sich beim Vergleich Soll-Ist der Brücken irren. Für diesen Irrtum kann bei der grossen Anzahl der zu prüfenden Programmstecker niemand verantwortlich gemacht werden, insbesondere bei den Steckern in den unteren wie auch in den oberen Gruppen der Gestelle.
- b) Der Prüfer kann sich in der Anordnung der Programmstecker in den Relaisgruppen irren.
- c) Es ist sehr zeitraubend und schwierig, bei einem auf der Baustelle geänderten Stecker durch Augenschein festzustellen, um welchen Schaltfall es sich wirklich handelt.
- d) Wird nur die Bauvorschrift überprüft, so kann der Fall einer eventuellen falschen Bezeichnung seitens der Lieferfirma nicht ausgeschlossen werden.
- e) Wird zwischen Gruppen- und Programmstecker ein Zwischenstecker eingesetzt, so scheidet die Möglichkeit, durch Augenschein das wirkliche Programm festzustellen, aus, da mit einem Nebenschluss in den am Zwischenstecker abgebenden Leitungen gerechnet werden muss.
- f) Es ist nicht möglich, durch Augenschein kalte Lötstellen oder Übergangswiderstände zu anderen Brücken oder dem Gehäuse festzustellen.
- g) Es fehlt eine schriftliche und damit eindeutige Unterlage über die Art der wirklich vorhandenen Schaltbrücken in der Anlage.
- h) Bei umfangreichen Gleis- und Weichenumbauten ist es in vielen Fällen technisch nicht möglich, die erforderlichen Programmstecker vor dem Umbau zu bestimmen. Oft ändern sich die vom

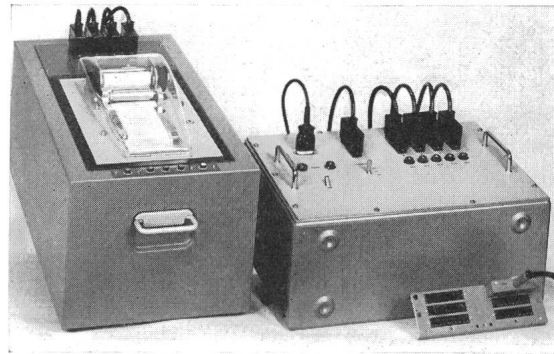


Fig. 8
Programmstecker-Prüfgerät

Baudienst geplanten Bauzustände. Aus wirtschaftlichen Erwägungen ist es in diesen Fällen nicht zu rechtfertigen, wegen der Programmstecker zusätzliche Wartezeiten der Bauzüge oder Unternehmer in Kauf zu nehmen bzw. über gewisse Zeiten ohne Signalabhängigkeit zu fahren.

i) Es ist praktisch unmöglich, bei der Planung einer grossen Spurplananlage alle Schaltbrücken in den Programmsteckern richtig zu bestimmen, d.h. sowohl alle technischen wie auch maximalen betrieblichen Belange bereits bei der Planung einwandfrei zu berücksichtigen. Wie die Erfahrungen zeigen, werden die letzten betrieblichen Feinheiten erst bei der Betriebsabwicklung, also nach der Inbetriebnahme klar erkannt.

j) Es ist zweifellos ein gewisser Rückschritt, wenn bei jeder Änderung der Schaltbrücken, um in den Genuss eines betrieblichen Vorteils zu gelangen, zuerst von der Signalbauanstalt ein neuer Programmstecker geliefert werden muss. In diesem Falle werden die Schaltungsmöglichkeiten in den Anlagen zu sehr eingengt.

Auf Grund dieser Überlegungen wurde für die Prüfung der Dr-Anlage Neunkirchen ein Gerät entwickelt, mit dem die Programmstecker automatisch geprüft werden können. Bei diesem Gerät wurde grundsätzlich vorausgesetzt, dass es sowohl die Programmstecker der Siemens- wie auch der Lorenzanlagen prüfen kann.

3.4.6 Aufbau des Prüfgerätes. Das Programmsteckerprüfgerät soll bei Prüfungen jedes einzelnen im Gestell eingebauten Programmsteckers den Ist-Zustand, d. h. jede im Stecker vorhandene Brücke durch Druck aufzeichnen. Ein Vergleich mit einem vorbestimmten Stecker, einer Lochkarte oder einer anderen Einrichtung ist auch möglich. Der Einbau dieser Einrichtungen wurde jedoch beim Versuchsgerät, das einfach ausgestaltet werden sollte, bewusst unterlassen.

Bei dem Bau des Versuchsgerätes wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass Stoffe verwandt wurden, die allgemein im Signaldienst eingesetzt sind. Das Versuchsprüfgerät besteht aus zwei tragbaren Einheiten (Fig. 8). Die erste Einheit «Netzteil und Relaisatz», hat in einem Blechgehäuse eine Einbauplatte und eine Deckplatte, auf denen die erforderlichen Bauteile befestigt sind (Fig. 9).

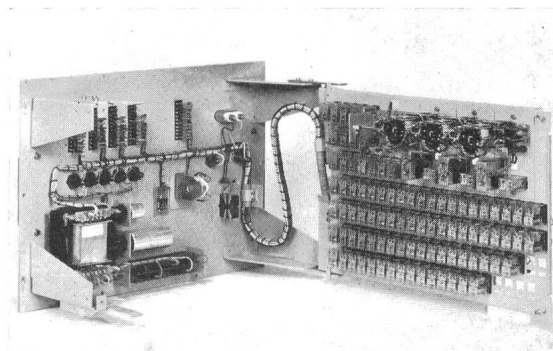


Fig. 9
Programmstecker-Prüfgerät
(geöffneter «Netzteil und Relaisatz»)

Als Prüf-, Lösch-, Steuer- und Überwacherrelais wurden Siemens-Kammrelais und als Drehschalter wurden Drehwähler verwendet. Melder, Sicherungen, Netzschalter, Variantenschalter sowie Federleisten sind in der Deckplatte eingebaut. Der Netzteil (Transformator, Gleichrichter und Elektrolytkondensatoren) befindet sich unter der Deckplatte.

Die zweite Einheit, «Bedienungstasten und Drucker», besteht aus einem Blechgehäuse, in dem die Bedienungstasten, die Zeilentypendrucker sowie die Feder- bzw. Messerleisten für die Verbindungskabel montiert sind.

Die erste Einheit wird über eine Geräteschnur an 220 V Wechselstrom angeschlossen. Der Anschluss der ersten an die zweite Einheit (Anschlussleisten A, B, C und D) erfolgt mit 30-adrigem Verbindungskabel von 2 m Länge (Fig. 10).

Die zu prüfenden Programmstecker können entweder über ein 5 m langes Prüfkabel oder über das Prüfkabel mit zwischengeschaltetem 10 m langem Verbindungskabel an den Prüfeingang der ersten Einheit angeschlossen werden.

Je nach Programmstecker ist ein entsprechendes Prüfkabel auszuwählen und der Variantenschalter Vs in die erforderliche Stellung zu bringen.

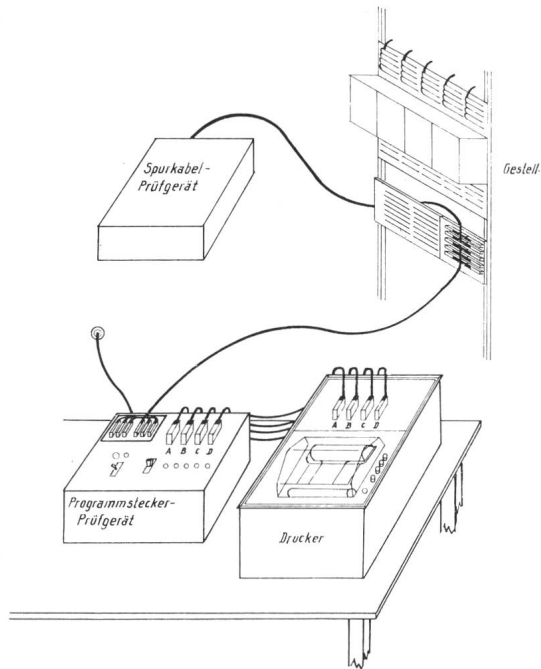


Fig. 10
Programmstecker-Prüfgerät
(Schema der Prüfung)

Der Druckerstreifen des Zeilentypendruckers (zweite Einheit) ist in dem Versuchsaufbau — der zweckmässigerweise, noch, geändert wird — entsprechend zu stempeln und Gestellnummer, Gruppentypnummer, Gruppen- und Steckerplatz in der Stempelung einzutragen. Den zum Stempeln erforderlichen Leerplatz auf dem Druckerstreifen erhält man durch Betätigung der Papiervorschubtaste (Fig. 11).

3.4.7 Prüfung des Programmsteckers. Zur Prüfung wird eine Gruppentaste GT und eine Raste «Start» gleichzeitig bedient. Die Lampe der Starttaste leuchtet auf und bleibt für die Dauer des Registriervorganges angeschaltet. Die nacheinander aufleuchtenden Lampen der Wählertasten W 1, W 2, W 3 zeigen das jeweilig arbeitende Wählerrelais an. Jedes Wählerrelais ist einer Federreihe des Programmsteckers zugeordnet, d. h. bei einem Programmstecker mit 20 Anschlüssen leuchtet die Lampe W 1 und W 2. Nach Abschluss der

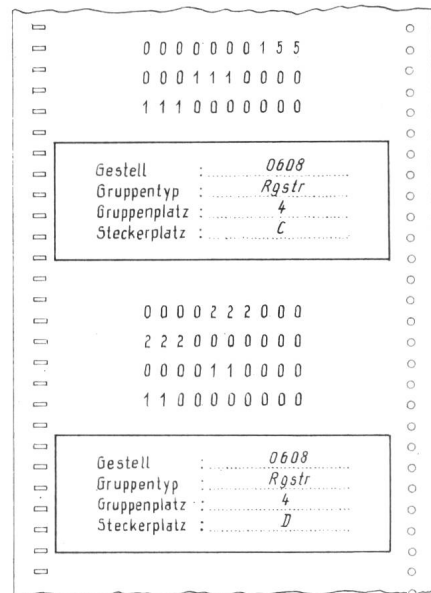


Fig. 11
Ergebnisse der Programmsteckerprüfung

Prüfung erlischt die Lampe der Starttaste und die Lampe des zuletzt arbeitenden Wählers (W 2 oder W 3).

Bei Störungen kann durch Bedienung der Gruppentaste und der leuchtenden Wählertaste das Prüfgerät in Grundstellung gebracht werden. Diese Bedienung ist so oft zu wiederholen, bis die Lampen W und «Start» erloschen sind.

3.4.8 Entschlüsselung des Druckes. Für jede Brücke des Programmsteckers wird eine Zeile gedruckt. Die Zeile besteht aus einer 5- oder 10-stelligen Zahl. An jeder Stelle können die Ziffern 0, 1 bis 7 stehen.

Die Ziffern haben folgende Bedeutung:

- «0» Die Klemmen der 1., 2. und 3. Reihe an dieser Stelle haben keine Verbindung zur ausgedruckten Schaltbrücke.
- «1» Die Klemme der 1. Reihe dieser Stelle ist mit einer Klemme einer benachbarten Stelle verbunden.

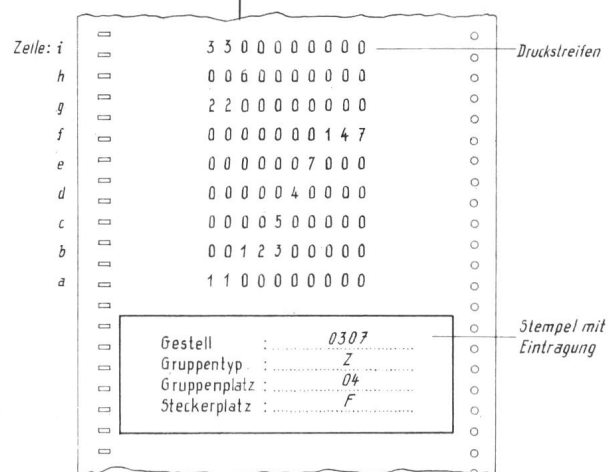
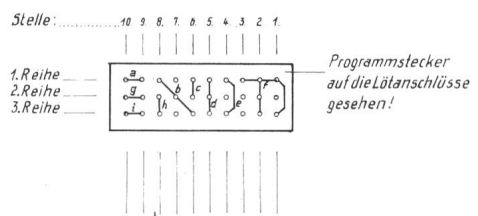


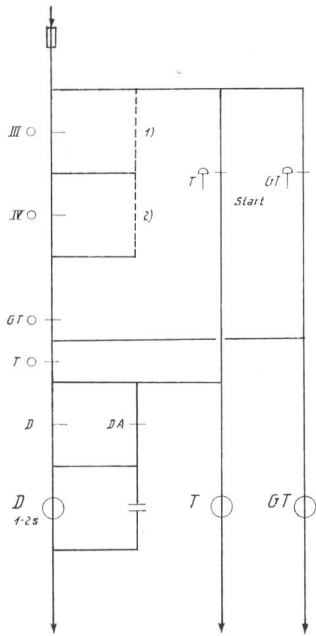
Fig. 12
Programmsteckerprüfung
Gegenüberstellung der Schaltbrücken eines Programmsteckers (oben) mit dem gedruckten Ergebnis (unten) des Prüfgerätes

Fig. 13

Anschaltung des Programmsteckerprüfgerätes

1 Kontakt überbrückt bei Prüfung SEL; 2 Kontakt überbrückt bei Prüfung S + H

- «2» Die Klemme der 2. Reihe dieser Stelle ist mit einer Klemme einer benachbarten Stelle verbunden.
- «3» Die Klemme der 3. Reihe dieser Stelle ist mit einer Klemme einer benachbarten Stelle verbunden.
- «4» Die Klemmen der 1., 2. und 3. Reihe auf der gleichen Stelle sind untereinander verbunden.
- «5» Die Klemmen der 1. und 2. Reihe an der gleichen Stelle sind miteinander verbunden.
- «6» Die Klemmen der 2. und 3. Reihe an der gleichen Stelle sind miteinander verbunden.
- «7» Die Klemmen der 1. und 3. Reihe an der gleichen Stelle sind miteinander verbunden.



Die Ziffern 4...7 kennzeichnen die möglichen senkrechten Verbindungen innerhalb einer Stelle. Stehen z. B. in einer Druckzeile zwei oder mehrere Ziffern, die eine Verbindung kennzeichnen, zusammen, so sind diese auch untereinander verbunden. Weitere Beispiele zeigt Fig. 12.

3.4.9 Schaltung des Programmsteckerprüfgerätes. In Fig. 13...16 ist der schematische Schaltungsaufbau aufgezeigt. Durch Tastendruck «GT» und «Start» ziehen die Relais

GT und T an und durch eigene Kontakte bleiben diese Relais erregt. Durch Kontakte von diesen beiden Relais wird ferner der Drehwähler D angesprochen. Durch einen Kontakt von Relais D wird sein eigener Anzugsstromkreis unterbrochen und fällt nach Entladung des der Spule parallelgeschalteten Kondensators ab. Dieses Spiel wiederholt sich so lange, bis parallel zu dem Kontakt von Relais D der Kontakt vom Druckeranschalter DA geschlossen hat. Bei jedem Anzug des Relais D wird der Drehwähler um einen Schritt weitergedreht (Fig. 13).

Der Drehwähler prüft bei jedem Schritt einen Anschluss des Programmsteckers (Fig. 14). Das jedem Anschluss des Programmsteckers zugeordnete Relais (10a bis 39a) wird kurz erregt und fällt bei der Weiterschaltung des Drehwählers wieder ab. Prüft nun der Drehwähler einen Anschluss, der durch eine Brücke mit einem anderen Anschluss verbunden ist, so ist der Stromfluss über das Überwacherrelais Ü so stark, dass dieses anzieht und, wie Fig. 15 zeigt, über einen Kontakt vom Relais Ü das Druckeranschalterrelais DA erregt wird. Der Drehwähler D bleibt bis der Drucker gearbeitet hat auf diesem Schritt stehen.

Die Druckeranschaltung in einer Reihe zeigt Fig. 16. Durch diese Relaiskombination ist es möglich, die Brücken zu bezeichnen. Damit die bereits geprüften Brücken bei dem Prüfen des Drehwählers der entsprechenden Anschlüsse nicht nochmals gedruckt werden, zieht ein weiteres Relais (10b bis 39b) an und schaltet die Anschaltung zu den Relais 10a bis 39a ab, nachdem der Drucker gearbeitet hat (siehe Fig. 14).

Wurde die erste Reihe des Programmsteckers durchgeprüft, so erfolgt die Weiterschaltung durch Relais R I auf die zweite Reihe. Relais R III schaltet nach Abschluss der Prüfung in der Reihe zwei auf die Reihe drei. Schliesslich schaltet Relais IV nach Abschluss der Prüfung die gesamte Anlage ab.

Die Prüfung der Programmstecker auf der Baustelle erfolgt zweckmässig in Verbindung mit der Prüfung der Spurkabel. Es wird eine Steckerplatte, in welcher alle in einer Gruppe möglichen Programmsteckeranschlüsse vorhanden sind, anstelle der Gruppe aufgesetzt. Um dabei die Spurkabel zu prüfen, sind, wie bisher, die anderen Enden der Spurkabel abzustecken. Es wird nun z. B. mit der Spurkabelprüfung in der bisherigen Form begonnen. Wurde die Spurkabelprüfung abgeschlossen, so wird automatisch das Programmsteckerprüfgerät angeschaltet. Diese Prüfung beginnt mit dem Stecker 1 (bisher A) und läuft automatisch bis zu dem letzten Stecker 6 (bisher F) durch. Sollte dabei ein Stecker nicht belegt sein, so wird dies vom Drucker angegeben. Durch diese Prüfungsanordnung ist ein Vertauschen der einzelnen Programmstecker untereinander ausgeschlossen.

Nach Abschluss einer Prüfung müssten dann die nachträglich geänderten Programmstecker nochmals überprüft werden.

3.5 Ablaufanlage «Nwf»

Besondere Sorgfalt wurde auf die technische Ausgestaltung der Ablaufanlage gelegt. Die technischen Einrichtungen erlauben es die Zugbildung weitgehend zu automatisieren. Die Ablaufanlage hat zwei elektronisch gesteuerte hydraulische Gleisbremsen Bauart Thyssen. Die Geschwindigkeit und das Gewicht der ablaufenden Wagen werden während des Ablaufes ermittelt und mittels dieser Werte wird über die Elektronik die je-

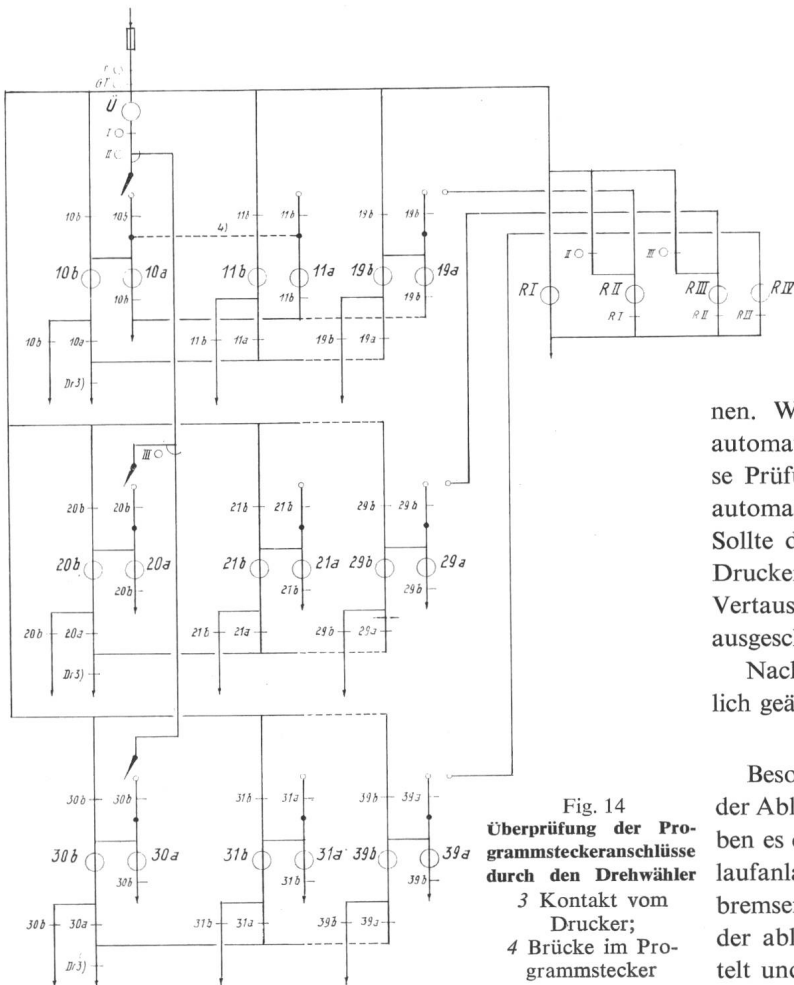
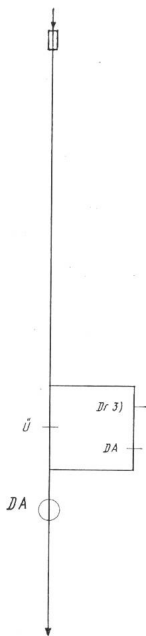


Fig. 14
Überprüfung der Programmsteckeranschlüsse durch den Drehwähler
3 Kontakt vom Drucker;
4 Brücke im Programmstecker



weilige Bremsenstellung automatisch eingestellt. Bei Erreichung einer vorher eingegebenen Auslaufgeschwindigkeit, deren Erreichung mit Hilfe eines Radargerätes festgestellt wird, lösen sich die Bremsen automatisch. Die gewünschten Abläufe werden von Hand bzw. mittels eines Lochstreifens in der Anlage gespeichert. Das Umstellen der Weichen geschieht während des Ablaufes selbsttätig. Die Steuerung erfolgt durch Magnetschienenkontakte über eine elektronische Steuerautomatik. Bei normalem Betriebsablauf hat der bedienende Rangiermeister nur überwachende Funktion. Nur im Störfall muss er Bedienungshandlungen vornehmen.

Fig. 15
Druckeranschaltung
3 Kontakt vom Drucker

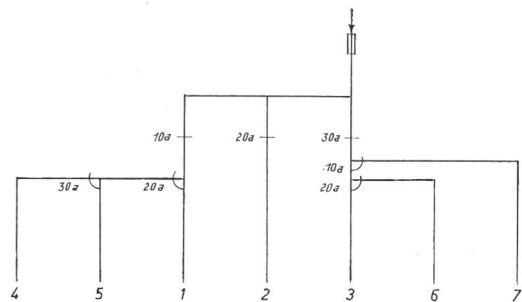


Fig. 16
Druckeranschaltung in Serie

4. Schlussbetrachtungen

Die Gesamtkosten der Anlage betragen rd. 8 Mill. DM. An Stellwerkpersonal wurden 42 Mann und weitere 10 Mann Rangierer eingespart. Berücksichtigt man noch, dass die gesamten vorhandenen Anlagen bereits zu 95% abgeschrieben waren, so kann man hier von einer grossen Wirtschaftlichkeit der neuen Anlage sprechen.

Adresse des Autors:

H. Steinfeld, Bundesbahnberrat bei der BD Saarbrücken, Im Bahnhof 3, Saarbrücken (Deutschland).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Zukünftiger Spaltstoffbedarf von Kernkraftwerken

621.039.1

[Nach K. Wagemann: Zukünftiger Brennstoffbedarf von Kernkraftwerken. Atomwirtschaft 11(1966)2, S. 66...71]

Bedingt durch die begrenzten Welt-Spaltstoffvorräte muss schon gegen Ende dieses Jahrhunderts zum Kernkraftwerk des Brütertyps übergegangen werden. Dabei ist vorgesehen, zuerst Konverter-Reaktoren zu bauen und erst zu einem späteren Zeitpunkt auf den Brutreaktor überzugehen.

Bei der Ermittlung des Zusammenhanges zwischen Energiebedarf und Uranvorkommen bestehen verschiedene grössere Unsicherheitsfaktoren wie die Wirtschaftlichkeit oder die optimale Verteilung bestimmter Reaktortypen zur Deckung des Energiebedarfs. Um diese Schwierigkeiten in der Beurteilung zu umgehen, sind für die Bedarfsrechnung die Reaktoren nur durch ihre spezifische Leistung und durch das Konversionsverhältnis bzw. die Verdopplungszeit charakterisiert worden. Die entscheidende Grösse ist der Zeitpunkt der Verfügbarkeit von Brutreaktoren.

Der Gesamtbedarf an spaltbarem Material in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Überganges auf den Brutreaktor ist in Fig. 1 in Form eines Diagrammes aufgetragen, wobei folgende spezifische Daten zu Grunde gelegt wurden:

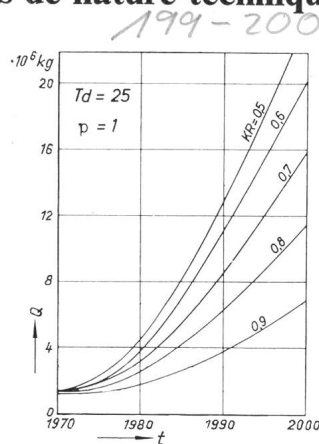


Fig. 1

Spaltstoffbedarf in Abhängigkeit vom Übergangsjahr zum Brutreaktor

Q Gesamtbedarf an spaltbarem Material; t Übergangsjahr
T_d Verdopplungszeit 25 Jahre; p spezifische Reaktorleistung:
1 MW pro kg spaltbarem Material; KR Konversionsrate (Parameter)

Geschätzte Uranreserven als Funktion der Abbaukosten

Tabelle I

Preis-kategorie \$/lb U ₃ O ₈	Art der Reserven	Kaufmann/Jordan 1960		McKelvey 1961		Lane 1962		Faulkner/McVey 1964	
		Sh.tons ²⁾ U ₃ O ₈ · 1000	kgU ⁵⁾ · 10 ⁶	Sh.tons U ₃ O ₈ · 1000	kg U ⁵ · 10 ⁶	Sh.tons U ₃ O ₈ · 1000	kg U ⁵ · 10 ⁶	Sh.tons U ₃ O ₈ · 1000	kg U ⁵ · 10 ⁶
<10	Sicher	230	1,27	660	3,64			270	1,49
	Wahrscheinlich	300	1,66	1 870	10,32			250	1,38
	Gesamt	530	2,93	2 530	13,96	660	3,64	520	2,87
10—30	Sicher							400	2,21
	Wahrscheinlich							300	1,66
	Gesamt					770	4,25	700	3,87
30—50	Sicher	6 000	33,0					5 000	27,61
	Wahrscheinlich	6 000	33,0					3 000	16,57
	Gesamt	12 000	66,0	7 700	42,52	3 300	18,22	8 000	44,18
50—100	Sicher							6 000	33,0
	Wahrscheinlich							9 000	49,70
	Gesamt							15 000	82,70

¹⁾ Das spaltbare Material besteht zunächst nur aus U-235, das hinzukommende U-233 und Pu-239 ist in U⁵ mit enthalten.

²⁾ Short ton = 907,18 kg